



Л. С. Некрасова
А. Ф. Яппарова
А. Ю. Вигоров

ЭКОЛОГИЯ

Часть 1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Кафедра экологии и природопользования

Л. С. Некрасова
А. Ф. Яппарова
А. Ю. Вигоров

ЭКОЛОГИЯ

Часть 1

Методические указания
к практическим занятиям и семинарам для студентов
очной и заочной форм обучения по направлениям
05.03.06 «Экология и природопользование»,
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»,
35.03.01 «Лесное дело»
35.03.02 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»,
35.03.05 «Садоводство»,
35.03.10 «Ландшафтная архитектура»,
09.03.03 «Прикладная информатика»,
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»,
27.03.02 «Управление качеством»,
43.03.02 «Туризм»

Екатеринбург
2020

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией ИЛП ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Протокол № 1 от 1 октября 2019 г.

Рецензент – ведущий научный сотрудник Института экологии растений и животных УрО РАН,
кандидат физико-математических наук,
доктор биологических наук В. С. Мазепа

Редактор Е. Л. Михайлова
Оператор компьютерной верстки Т. В. Упова

Подписано в печать 15.09.20		Поз. 57
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,56	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Сектор оперативной полиграфии УГЛТУ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания к практическим занятиям и семинарам по экологии предназначены для студентов разных специальностей. Они обучаются в Институте леса и природопользования, Институте лесного бизнеса и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета по таким направлениям, как «Экология и природопользование», «Лесное дело», «Ландшафтная архитектура», «Садоводство», «Промышленный транспорт в лесном бизнесе», «Инженерное дело в лесопромышленном комплексе» и др. Когда мы составляли настоящие указания, то преследовали и общеобразовательную цель – закрепить важнейшие понятия курса «Экология», и практическую цель – получение навыков в сборе материала и обработке экологических данных.

Основным объектом и материалом для занятий явились растительные экосистемы и популяции, популяционные характеристики лесных пород, экологические, биологические и анатомические признаки деревьев и кустарников Урала. Во время практических занятий студенты имеют возможность сами проверить важные закономерности ряда разделов экологии, таких как аутоэкология, демэкология, синэкология, оценить биологическое разнообразие живых организмов. Они знакомятся с явлениями в системе человек – природа, проблемами урбанизации, осваивают приемы экологического мониторинга и биоиндикации.

ЗАНЯТИЕ 1

Экскурсия в лесопарк имени Лесоводов России

Лесопарки сплошным кольцом окружают г. Екатеринбург. Одно из учебных зданий УГЛТУ расположено на краю лесопарка имени Лесоводов России. В 1966 г. в Свердловске проходило Всероссийское совещание лесничих, на котором решили в пределах городской территории на базе соснового бора заложить лесопарк. Каждая делегация посадила лиственницу. Было высажено 73 лиственницы. Так появилась Аллея лесоводов России. В 1974 г. при входе в лесопарк были установлены деревянные скульптуры, повествующие об истории Рифейских (Уральских) гор. От главного входа в лесопарк со стороны Сибирского тракта дорожки ведут к монументу, заложенному в память о Всероссийском совещании лесничих, к лиственничной аллее, а затем – в парковую зону (Некрасова, Вигоров, 2010).

Лесопарк расположен в юго-восточной части Екатеринбурга, к югу от Сибирского тракта. Он занимает площадь 723 га. В нем выделены

парковая и лесопарковая зоны. Парковая зона находится в центре территории. В ранее заболоченной долине речки Черной, которая длиной около четырех с половиной километра и впадает в р. Исеть, обустроены три небольших пруда с небольшими дамбами. Здесь оборудованы беседки, поляны для отдыха. Это любимые места отдыха горожан, так как вся природная зона открыта для посещения. По территории лесопарка проложена экологическая тропа. Посетители лесопарка могут свободно перемещаться по всей его территории, что регулируется дорожно-тропиночной сетью. Они могут собирать грибы, ягоды, рвать цветы (кроме занесенных в Красную книгу). В лесопарке запрещены охота, пастьба скота.

Зеленый массив этого лесопарка – благоустроенный лес, спелый сосняк с небольшой примесью мелколиственных пород (берез и осин). Под пологом леса растут типичные для Урала породы (рябина, шиповник, жимолость, можжевельник). Видовой состав лесопарка обогащен несколькими десятками интродуцированных на Урале пород – кизильниками, сиренями, кленами, пенсильванской черемухой, другими деревьями и кустарниками. Территория лесопарка условно разделена на природно-климатические зоны. В каждой из них на опушках и полянах высажены растения, свойственные этим зонам. Здесь описано 539 видов сосудистых растений, в том числе 149 чужеродных, 5 эндемиков. Выявлено 17 охраняемых видов, занесенных в Красную книгу.

В лесопарке запрещена хозяйственная деятельность. В нем разрешены рубки ухода и ландшафтные рубки. Это способствует формированию долговечных насаждений высокой декоративной и эстетической ценности. Из агротехнических приемов ухода применяют по необходимости рыхление почвы, внесение удобрений, посев трав на полянах (Некрасова, Вигоров, 2010).

Цель занятия

На маршруте от здания УГЛТУ до прудов на речке Черной собрать научный материал для характеристики двух участков лесопарка (у входа и в глубине его). Во время экскурсии студенты знакомятся с такими экологическими понятиями, как экосистема, биогеоценоз, сукцессия, климаксное сообщество, аллелопатия, эффекта группы, конкуренция; на вырубке под ЛЭП – с явлением экотона, пионерными растениями, а также растениями, которые относятся к разным фитоценотическим стратегиям (виоленты, пациенты, эксплеренты); у водоемов – с проявлениями гидрической (водной) сукцессии, разными жизненными формами растений.

Оборудование

Мерная вилка или мерная лента, рулетка, карандаш, блокнот.
Студенты выполняют задание группами по 5 человек.

Задание

1. Установить название доминантного вида-эдификатора и сопутствующих древесных пород.

2. Описать состояние подроста основной древесной породы.

3. Назвать виды кустарников и оценить встречаемость разных видов.

4. Отметить наличие лишайников на стволах деревьев.

5. Оценить степень рекреационной нагрузки в разных частях лесопарка по таким признакам, как уплотнение почвы, распад травостоя, присутствие около дорожек одуванчика, подорожника, средней звездчатки и других растений нарушенных местообитаний.

6. Изучить количественные и качественные морфологические признаки господствующей древесной породы *Pinus sylvestris* L.: измерить диаметры 30 деревьев на высоте 1,3 м, описать жизненное состояние деревьев и тип усыхания. Измерить расстояния между деревьями. Рассчитать средние значения этих признаков.

7. Составить гистограмму распределений диаметров сосен и дистанций между деревьями.

8. Описать состояние леса на обоих участках по всем изученным параметрам.

9. Сделать выводы о влиянии рекреационной нагрузки на лес.

Перед экскурсией студенты должны записать в свою лабораторную тетрадь следующие качественные характеристики деревьев.

Жизненное состояние деревьев

1. Здоровое дерево: крона симметричная, густая. Мертвые и отмирающие ветви единичны, лишь в нижних частях кроны.

2. Угнетенное дерево: крона несколько асимметрична, сдавлена в одну сторону. Мертвые и усыхающие ветви есть в верхней части кроны. Густота кроны снижена на 30 %. Жизненное состояние дерева снижено на 30 %.

3. Сильно угнетенное дерево: крона и ствол повреждены, крона сдавлена с двух и более сторон, вершина иногда усохшая. Жизненность снижена на 60 %.

4. Усыхающее дерево: в кроне более 70 % сухих и усыхающих ветвей. Густота кроны менее 20 %. Имеются стволовые вредители, корневая гниль. Жизненное состояние не превышает 10 %.

5. Сухостойное дерево: усохшее, но продолжающее стоять в древостое.

Тип усыхания сосны

1. Комлевой.

2. Вершинный.

3. Одновременный.

4. Стволовой.

5. Местный.

Проведение работы

Выбрать участки леса площадью 50×50 м недалеко от входа в лесопарк и в его глубине. На обоих участках измерить диаметры 30 сосен и расстояния между ними. Отметить, к какому типу усыхания они относятся и каково их жизненное состояние. Данные занести в табл. 1.

Таблица 1

Количественные и качественные морфологические признаки
сосны обыкновенной

Порядковый номер	Диаметр сосны, см	Расстояние между соснами, м	Тип усыхания	Жизненное состояние
Участок 1 (у входа) 1 2 ...				
Участок 2 (в глубине парка) 1 2 ...				

Если работа проведена без мерных вилок (с мерными лентами), то следует рассчитать диаметр деревьев d . Известно, что $d = 2r$, длина окружности $L = 2\pi r$, следовательно, $d = L/\pi$ или $d = L/3,14$.

Построить два графика гистограммы в следующих координатах: по горизонтали отложить диаметр деревьев в сантиметрах, по вертикальной оси – число деревьев (экз.).

Результаты измерений расстояния между соснами тоже представить в виде гистограмм. Вдоль оси абсцисс отложить значения расстояний между деревьями в метрах, вдоль оси ординат – число таких дистанций.

Выводы по работе

Пользуясь этими графиками, описать, насколько различаются на двух участках лесопарка минимальные и максимальные размеры деревьев сосен, а также расстояния между ними. На гистограммах отметить средние дистанции. Сравнить вид распределений – их асимметричность, полимодальность. Сделать вывод о том, как влияют условия произрастания сосен на двух участках лесопарка на индивидуальную изменчивость размеров их стволов, а также на горизонтальную структуру растительного сообщества.

ЗАНЯТИЕ 2

Морфологическая изменчивость хвои из двух популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

Экологи, дендрологи и селекционеры широко используют явление изменчивости лесных пород. Например, у хвойных деревьев изучают диаметр и высоту ствола, размеры, анатомические и биохимические признаки хвои, размеры, массу, форму и окраску шишек, массу, всхожесть и окраску семян, окраску крылаток и т.д. Оценивают состояние кроны и поврежденность деревьев в целом (Мамаев, 1972). По величине и изменчивости таких признаков сравнивают разные популяции лесных пород, разные участки леса, расположенные в зоне влияния промышленных предприятий и вдали от нее, выделяют лесные резерваты и т.д.

Экологи, дендрологи и лесные селекционеры, имеющие дело с лесными породами, должны различать несколько форм изменчивости: эндогенную (изменчивость «множественных» органов – хвои, шишек и т.д. – в пределах организма), индивидуальную (между особями в пределах популяции), хронографическую (на протяжении жизни или сезона), экологическую (в результате действия разных экологических факторов, например на сосняк в бору и на болоте), географическую (в пределах ареала вида) и гибридогенную.

Изменчивость размеров хвои, шишек или семян объясняют не прямым, а опосредованным действием факторов среды – микроклимата в кроне дерева, неодинаковых условий питания корней, условий развития и величиной побегов, повреждений органов, а также ростовыми корреляциями между органами. Внутривидовую изменчивость древесных растений рекомендуют изучать, начиная с эндогенной изменчивости (Мамаев, 1972). Градиенты и мозаичность экологических факторов (для сосны это прежде всего плодородие и режим влажности почвы), в свою очередь, влияют на формирование деревьев, на изменчивость генеративных органов и хвои сосны.

Задача этого занятия – ознакомиться с двумя формами изменчивости сосен – эндогенной и экологической, а также проверить возможность применения качественных и количественных признаков сосны как индикаторных признаков (Некрасова, Вигоров, 2010).

В Свердловской области сосновые леса относятся к коренным лесам. Они окружают городские и заводские территории. По состоянию хвои и деревьев экологи нередко осуществляют биоиндикацию газовых и других загрязнений. При этом исследуют повреждения хвои, обращают внимание на прирост побегов, на омертвевшие участки тканей хвои (некрозы), продолжительность жизни хвои. Некрозы обычно появляются весной.

Они более заметны у деревьев, находящихся в продуваемых местах, чем в густых насаждениях. Определив класс повреждения и продолжительность жизни хвои, можно провести экспресс-диагностику загрязнения воздуха (табл. 2): I – идеально чистый воздух, II – чистый, III – относительно чистый («норма»), IV – заметно загрязненный («тревога»), V – грязный («опасно»), VI – очень грязный («вредно»), «–» – невозможное сочетание.

Таблица 2

Определение класса загрязненности воздуха

Максимальный возраст хвои, год	Класс повреждения хвои на побегах 2-го года жизни		
	1	2	3
4	I	I–II	III
3	I	II	III–IV
2	II	III	IV
2	–	IV	IV–V
1	–	IV	V–VI
1	–	–	VI

Данные табл. 2 могут служить основой для определения чистоты воздуха над участком, где растут сосны, чья хвоя взята для лабораторного исследования.

Цель занятия

Изучить изменчивость качественных и количественных признаков хвои сосны, а также сравнить изменчивость выборок из двух популяций.

Материал и оборудование

Ветки сосен, растущих в разных условиях (например в сосновом бору и на торфянике), калькулятор, линейка. Для сравнения популяций следует выбрать побеги с учетом их полового типа: побеги с более крупной хвоей и женскими шишками – обычно на осевых ветвях в верхней части кроны, а побеги с мужскими шишками – обычно второго порядка и в нижней части кроны.

Задание

1. Ознакомиться с классами повреждения и классами усыхания хвои сосны. Записать их характеристики в лабораторную тетрадь.

Класс повреждения хвои сосны:

- 1) хвоя без пятен;
- 2) хвоя с небольшим числом мелких пятен;
- 3) хвоя с большим числом черных и желтых пятен.

Класс усыхания хвои сосны:

- 1) нет сухих участков;
- 2) усох кончик 2–5 мм;
- 3) усохла треть длины хвои;
- 4) усохло более половины длины хвои.

Обратить внимание, что шипик на конце хвои всегда более светлый. Его окраска не должна влиять на оценку степени повреждений.

2. Подготовить таблицу для записи в нее промеров хвои, а также значений классов повреждения и усыхания.

3. Провести измерения хвои и определить ее повреждение и усыхание. Следует измерить и просмотреть 100 иголок сосны из одной и 100 иголок из другой популяции. Данные занести в табл. 3. При этом из каждой пары хвоинок надо брать только одну.

Таблица 3

Характеристики хвои сосны обыкновенной

Номер измерения	Длина хвои, мм	Класс повреждения	Класс усыхания
Популяция 1			
1			
2			
3			
и так далее			
Популяция 2			
1			
2			
3			
и так далее			

4. Представить результаты измерений длины хвои графически в виде двух гистограмм: вдоль оси абсцисс отложить длину хвоинок, вдоль оси ординат – число хвоинок с такой длиной (экз.). Оценить и сравнить размах эндогенной изменчивости размеров хвои сосен из двух популяций. Записать и сравнить их минимальные и максимальные размеры. Рассчитать и сравнить среднюю длину хвои из этих популяций.

5. Оценить преобладающий класс повреждения и усыхания хвои и занести эти данные в табл. 4.

Таблица 4

Классы повреждения и усыхания хвои

Повреждение		Усыхание	
Популяция 1	Популяция 2	Популяция 1	Популяция 2
1 класс –	1 класс –	1 класс –	1 класс –
2 класс –	2 класс –	2 класс –	2 класс –
3 класс –	3 класс –	3 класс –	3 класс –
		4 класс –	4 класс –

Выводы по работе

Сравнить длину хвои и ее изменчивость, а также ее качественные признаки в двух выборках из популяций сосны обыкновенной. Сделать выводы о пригодности данных по тем или другим формам изменчивости сосны для выявления особенностей условий ее произрастания.

ЗАНЯТИЕ 3

**Внутривидовые и межвидовые конкурентные
отношения животных**

Среди биотических отношений, т.е. отношений между живыми организмами в экосистеме, есть «взаимовредные» отношения, называемые конкурентными. Конкуренция между особями одного вида – это внутривидовая конкуренция, а между представителями разных видов – межвидовая. Борьба особей за ресурсы возникает при недостатке последних. Например, растения конкурируют между собой за свет и влагу, птицы и звери – за пищу, территорию и другие ресурсы. В зависимости от стабильности условий и характера сообщества возможны самые разные соотношения между обеспеченностью ресурсами и остротой конкуренции.

Каждый вид занимает в биоценозе свою экологическую нишу. Экологическая ниша – это пространственное и функциональное положение вида в биоценозе, занимаемое им «экологическое пространство». Иначе говоря, экологическая ниша – это «профессия» вида в сообществе (Одум, 1986), совокупность занимаемого им пространства, потребностей в ресурсах, характера, времени и ритма активности его особей, их отношение к факторам среды, тип, способ питания и расселения, места размножения, укрытий и т.д. «Профессия» каждого вида определяется тем, из какого материала, в какое время и какое органическое вещество он производит (Миркин, Наумова, 1998), но также и совокупностью экологических факторов, которые позволяют виду проявлять особенности своей «профессии» (реализованная ниша).

Когда ниши видов перекрываются, то такие виды конкурируют между собой. У животных перекрывание ниш меньше благодаря широкому спектру питания, особенностям и ритмам пищевого поведения, отдыха и т.д. У растений, особенно на ранних стадиях сукцессии, нередко расходятся лишь оптимумы. Согласно принципу конкурентного исключения, или правилу Г. Ф. Гаузе (оно не без исключений), два вида, занимающие одну и ту же экологическую нишу, не могут долго и устойчиво сосуществовать, и в результате конкуренции представители одного из видов должны погибнуть или занять другую экологическую нишу. Сходные виды сосуществуют в сообществе, если их ниши, перекрываясь по одному измерению ресурсов, разобщены по другим измерениям (явление дифференциального перекрывания ниш). Межвидовая конкуренция влияет на размеры ниш и перекрывание ниш разных видов, мешает их расширению, играет большую роль во взаимоотношениях между видами, в организации сообществ и формировании их разнообразия. Эти процессы важны в жизни леса и лесоводстве, например при формировании древостоя и искусственных фитоценозов из разных видов или жизненных форм, при взаимоотношениях вредителей леса (Некрасова, Вигоров, 2010).

Цель занятия

Научиться анализировать результаты лабораторных экспериментов, изображать их в виде графиков.

Материал и оборудование

Лабораторная тетрадь, калькулятор, линейка, карандаш.

Задание

Решить три задачи по результатам опытов, моделирующих конкурентные отношения насекомых (Н. М. Чернова, 1986).

Задача 1. Внутривидовая конкуренция за пищу

Проанализировать результаты опыта, в котором разное число гусениц сухофруктовой огневки *Ephestia caetella*, появившихся из считанного количества яиц, конкурировали за 25 г пищи (пшеничной муки). Записать данные табл. 5 в лабораторную тетрадь.

Таблица 5

Число куколок огневки, полученных из разного количества яиц

Первоначальное число яиц, экз.	10	20	50	100	200	400	800	1600	3200	5000
Число куколок, экз.	8	15	37	74	137	279	477	392	380	321

Определить минимальное количество пищи, необходимое для получения одной куколки. Начертить график изменения количества пищи, приходящейся на одну личинку, при увеличении плотности популяции. Сравнить с графиком изменения числа куколок.

На графике по горизонтали отложить первоначальное число яиц от 0 до 5000, вдоль оси ординат – число куколок от 0 до 500.

Задача 2. Внутри- и межвидовая конкуренция за пищу

Используя данные из табл. 6, проанализировать результаты опыта с жуками двух видов, конкурирующих за небольшое количество муки. Опыты начинали, взяв равное число самцов и самок.

Опыт 1. Чистая культура жуков *Cryptolestes*.

Опыт 2. Смешанная культура жуков двух видов – *Cryptolestes* и *Cathartus*.

Таблица 6

Влияние исходной плотности жуков
на число их потомков

Опыт 1		Опыт 2	
Исходное число жуков <i>Cryptolestes</i>	Число жуков в потомстве в чистой культуре	Число жуков в потомстве при добавлении 8 пар <i>Cathartus</i>	
		<i>Cryptolestes</i>	<i>Cathartus</i>
4	101	86	208
8	180	260	185
16	276	208	164
32	427	414	121
64	411	430	78

Построить графики зависимостей числа потомков от исходной плотности родителей.

Пояснения. Для первого опыта на графике вдоль оси абсцисс отложить исходное число жуков *Cryptolestes* (от 0 до 70 экз.), вдоль оси ординат – число жуков в потомстве (от 0 до 500 экз.).

Во втором опыте исходное число жуков в смешанной культуре будет равно сумме числа родителей *Cryptolestes* и *Cathartus*, т.е. $4 + 16 = 20$, $8 + 16 = 24$ экз. и т.д. На графике вдоль оси абсцисс отложить исходное число жуков этих видов (от 0 до 80), а по оси ординат – число жуков в потомстве (от 0 до 500 экз.). На этом графике отобразить два процесса – изменение числа потомков *Cryptolestes* и изменение числа потомков *Cathartus*.

Вопрос

Какой из видов более конкурентоспособен в этих условиях?

Задача 3. Конкуренция двух видов за ограниченные ресурсы

Проанализировать результаты опыта с мучными хрущачами, представленные в табл. 7. Жуков *Tribolium castaneum* и *Tribolium confusum* содержали в муке, подсчитывая число взрослых особей каждые 60 дней. В одном из вариантов в культуру внесли микроспоридии *Adelina* – внутриклеточных паразитов жуков. *Adelina* размножается преимущественно в клетках средней кишки хозяина. Споры выводятся из организма жуков с экскрементами и затем могут быть проглочены другими личинками, которые таким образом заражаются.

Таблица 7

Количество жуков двух видов в присутствии
и отсутствии паразита

Вариант опыта. Условия опыта и вид жуков	Количество жуков через ... дней						
	60	120	180	240	300	360	420
1. Без паразита							
<i>T. confusum</i>	16	52	52	42	35	24	15
<i>T. castaneum</i>	80	76	70	88	88	92	120
2. С паразитом							
<i>T. confusum</i>	50	46	42	44	50	70	15
<i>T. castaneum</i>	42	120	104	52	8	4	3
	Количество жуков через ... дней						
	480	540	600	660	720	900	
1. Без паразита							
<i>T. confusum</i>	11	8	3	4	3	0	
<i>T. castaneum</i>	142	210	172	120	64	122	
2. С паразитом							
<i>T. confusum</i>	68	52	50	52	46	48	
<i>T. castaneum</i>	3	5	3	2	8	3	

Задание и вопросы

1. Начертить график изменений численности жуков двух видов в культуре без паразита (вариант 1).

2. Какой вид более конкурентоспособен при этих условиях?

3. Как долго жуки могут сосуществовать совместно?

4. Какие закономерности можно отметить в динамике численности конкурентоспособного вида?

5. Чем можно объяснить ход численности обоих видов в другой экологической ситуации – при распространении в культуре паразита (вариант 2)?

6. Каковы особенности кривой численности более конкурентоспособного вида в этих условиях?

7. Случаен ли ход кривых при стабильной численности?

Пояснение. Начертить два графика (по числу опытов) изменения числа жуков. Вдоль оси абсцисс отложить время от начала опыта (от 0 до 900 дней), вдоль оси ординат – число уцелевших жуков в культуре (от 0 до 200 экз.)

ЗАНЯТИЕ 4

Межтаксонная изменчивость и корреляции экологических и биологических параметров деревьев и кустарников Урала

В эволюционной экологии существуют две точки зрения на взаимосвязи приспособлений живых организмов. Одни ученые полагают, что существуют адаптивные комплексы, т.е. комплексы экологических, физиологических, морфологических признаков, которые дополняют друг друга и способствуют более успешному выживанию и размножению особей. Другие ученые придерживаются представления о «цене» адаптации, о независимых и конкурирующих приспособлениях.

Теоретический интерес представляет сравнение видов растений по разным признакам для изучения эволюции адаптаций, а также для изучения адаптационного разнообразия естественных сообществ и выработки теории создания устойчивых фитоценозов, для выяснения возможности предсказывать одни свойства лесных пород по наборам других свойств. Это надо иметь в виду и при подборе деревьев и кустарников, выносливых как в природных естественных условиях, так и в условиях города или возле промышленных предприятий (Некрасова, Вигоров, 2010).

Данные для табл. 8 взяты из монографий Л. И. Вигорова (1979), А. А. Качалова (1969), Н. А. Коновалова и Н. А. Луганского (1967), С. А. Мамаева (2005).

Цель занятия

Научить определять характер связей между разными экологическими и биологическими признаками деревьев и кустарников.

Материал и оборудование

Авторская таблица с пятнадцатью экологическими и биологическими характеристиками деревьев и кустарников (Некрасова, Вигоров, 2010), линейка, калькулятор, формулы расчета величины корреляционной связи для пар признаков.

Задание

1. Ознакомиться с разнообразием видов деревьев и кустарников Урала, представленных в табл. 8. Записать в лабораторную тетрадь названия семейств растений и количество видов в этих семействах.

2. Используя табл. 8, ознакомиться с перечнем экологических и биологических признаков деревьев и кустарников Урала. Записать их в тетрадь. Ответить на вопрос: какие признаки полнее представлены в таблице?

В табл. 8 использованы следующие признаки.

1. Предельная высота, в метрах (в знаменателе – в редких случаях).
2. Жизненная форма: 1 – дерево, 2 – дерево или куст, 3 – куст.
3. Требовательность к плодородию или составу почвы: 1 – малая, 2 – средняя, 3 – высокая.
4. Светолюбивость: 1 – высокая, 2 – средняя, 3 – теневыносливая.
5. Устойчивость к холоду: 1 – малая, 2 – средняя, 3 – высокая.
6. Устойчивость к дыму и газам: 1 – малая, 2 – средняя, 3 – высокая.
7. Время цветения (месяцы).
8. Предельный срок жизни, в годах (в знаменателе – в редких случаях).
9. Размножаются растения: 1 – семенами, 2 – семенами и черенками, 3 – семенами, черенками, отпрысками, отводками, делением куста.
10. Переносит пересадку: 1 – плохо, 2 – хорошо.
11. Переносит стрижку и обрезку: 1 – плохо, 2 – хорошо.
12. Выносливость к засолению: 1 – нет, 2 – есть.
13. Корневая система: 1 – неглубокая, 2 – глубокая и мощная.
14. Рост: 1 – медленный, 2 – быстрый.
15. Устойчивость к засухе: 1 – малая, 2 – высокая.

Таблица 8

Экологические характеристики деревьев и кустарников Урала
(Некрасова, Вигоров, 2010)

Семейство, вид	Признаки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Розоцветные (Rosaceae)															
Груша уссурийская	7/15	1	2	1	3	1	5	65/ 300	1	-	-	-	-	2	-
Рябина обыкновенная	15/20	2	2	2	3	1	6	71/ 300	3	-	-	1	-	2	2
Р. сибирская	10/17	2	-	2	3	-	7	-	3	-	-	-	-	-	2
Черемуха обыкновенная	5/17	1	2	2	2	1	5	-	3	-	-	-	-	-	-
Ч. Маака	15/17	2	3	1	2	3	5-6	>60	1	2	2	-	-	2	2
Ч. виргинская	3-10/15	2	1	1	2	-	5-6	1	2	-	-	-	-	-	2
Яблоня сибирская	3-5	1	1	1	3	2	5-6	>300	1	-	2	-	-	2	2

Продолжение табл. 8

Семейство, вид	Признаки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Я. сливолистная	/10	1	1	1	2	2	6	-	1	-	-	-	-	2	2
Арония черноплодная	1,5-2	3	2	1	2	3	5-6	>30	3	2	-	-	1	1	1
Миндаль низкий	1-1,5	3	1	1	2	2	-	-	-	-	2	-	-	-	2
Боярышник кровоаво-красный	4-6	2	2	2	3	2	6	200/ 300	1	-	-	-	-	1	-
Б. Максимовича	4/7	2	2	2	3	-	5-6	200-300	1	-	-	-	-	1	-
Б. Шредера	-	2	2	2	3	-	5-6	200-300	1	-	-	-	-	1	-
Б. колючий	3-5/8	1	2	2	2	-	5-6	200-300	1	-	2	-	-	-	-
Б.однопестичный	3-6/12	1	2	2	3	-	5-6	200-300	1	-	-	-	-	-	-
Б. перистонадрез.	4-5/7	2	3	1	2	2	5-6	200-300	1	2	2	-	-	-	-
Вишня песчаная	1	3	2	2	2	-	-	25/ 300	3	-	-	-	1	-	-
В. степная	1/2	3	1	1	2	-	5	15-20	3	-	-	-	-	-	2
Ирга канадская	2/18	2	2	2	3	2	5	-	3	-	-	-	-	2	2
И. колосистая	5	2	2	1	2	1	5	/40	3	-	-	-	-	2	2
Кизильник блестящий	2-3	3	1	-	3	2	-	-	3	2	-	-	-	-	-
К.черноплодный	1/2	3	1	-	3	2	5-6	-	3	-	-	-	-	-	-
Курильский чай	0,2-1,5	3	2	1	3	-	6-9	-	2	-	2	-	-	-	2
К.ч. даурский	0,5-1	3	1	1	3	-	-	-	3	-	2	-	-	-	-
Малина обыкновенная	1,5	3	3	3	2	-	5-7	15-20	3	-	2	-	1	-	1
М. сахалинская	1-1,5	3	1	-	2	-	6-7	-	-	-	-	-	-	-	-
М. душистая	3	3	2	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
М. прекрасная	1,5	3	-	1	2	-	6	-	3	-	-	-	-	-	-
Роза иглистая	2	3	1	2	3	2	5-7	-	3	2	-	-	-	-	-
Р. майская	2-2,5	3	3	1	2	2	5	20-30	3	-	2	-	1	-	-
Р. собачья	3	3	2	1	3	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Р. морщинистая	1,5-2	3	1	1	3	2	5-6	20-25	3	-	2	-	-	-	-
Таволга (спирея) дубравколистная	2	3	3	1	2	-	5-6	15-20	3	2	2	-	-	-	-
Т. зверобоелистн.	0,5-1	3	2	1	2	-	5-6	15-20	3	-	-	-	-	-	-
Т. иволистная	1-2	3	2	3	2	2	6-8	15-20	3	-	2	-	-	-	-
Т. средняя	1-2	3	2	3	2	1	6	20	3	-	-	-	-	-	-
И в о в ы е (S a l i c a c e a e)															
Ива белая	20-30	1	3	1	2	1	4-5	80-120	3	-	2	-	-	2	-
И. ломкая	15-20	1	-	1	3	2	4-5	75	3	-	-	-	-	2	-
И. пятитычин- ковая	5-12/16	2	3	-	3	-	6-7	80	2	-	-	-	-	2	-
И. прутовидная	5-6/10	2	3	1	3	-	5	-	2	-	-	-	-	2	-
И. пурпурная	2-4/10	3	2	1	1	-	-	30	2	-	-	-	-	-	-
И. ушастая.	0,5-2/3	3	3	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
И. остролистная	10-12	2	3	1	2	-	3-4	-	-	-	-	-	1	-	-

Продолжение табл. 8

Семейство, вид	Признаки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
И. козья	4-10/15	2	2	1	-	1	4-5	40-60	1	-	-	-	-	-	-
Осина	25-30/ 35	1	2	1	2	1	4-5	85/ 150	3	1	-	2	1	2	-
Тополь бальзамический	25-30	1	1	1	2	2	7	160	2	-	2	1	-	2	-
Т. душистый	25/35	1	1	1	3	1	4-5	-	2	-	-	-	-	2	-
Т. печальный	10-15	1	1	1	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Т. белый	30-35	1	2	1	3	2	5	/200	3	-	2	2	2	2	-
Т. берлинский	25-30	1	2	1	2	2	-	-	2	-	2	-	-	2	-
Т. черный	25-30	1	1	1	2	2	5	/300	3	-	-	2	2	2	2
Сосновые (Pinaceae)															
Ель сибирская	/30	1	3	3	3	1	5-6	250/ 500	3	1	2	-	1	1	-
Е. обыкновенная	20-50	1	2	2	2	1	-	250/ 700	2	-	-	1	1	2	1
Е. колючая	20-45	1	3	2	2	2	6	400- 600	2	-	-	-	1	1	2
Е. Энгельмана	20-50	1	2	2	1	3	-	350/ 600	2	-	-	-	1	-	-
Е. канадская, белая	20-35	1	1	2	2	2	-	300-350	1	-	2	-	1	-	-
Е. балканская	30-40/ 55	1	2	2	2	3	-	>300	2	-	-	-	1	-	1
Лиственница Сукачева	35-45	1	3	1	2	1	4-5	/350	2	2	-	-	2	-	-
Л. сибирская	30-40 /45	1	1	1	3	1	5-6	350/ 900	1	-	-	-	2	2	2
Л. европейская	30-40/ 50	1	2	1	2	3	-	/500	-	-	-	-	2	2	-
Л. даурская	20-35 /45	1	1	1	3	-	-	350-450	-	-	-	2	2	1	2
Пихта сибирская	30/40	1	2	3	3	1	5-6	150-250	1	-	2	1	2	1	1
П. европейская	30/60	1	3	3	1	1	5	350/ 700	1	-	-	-	2	-	-
Сосна обыкновенная	1,5- 40/75	1	1	1	2	1	5-6	350/ 600	1	1	-	1	2	2	2
С. сибирская	30/40	1	2	2	2	1	5-6	420/ 800	1	1	-	1	2	1	-
Кедровый стланик	4-5	2	1	3	3	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-
Жимолостные (Caprifoliaceae)															
Бузина красная	1,5-4/6	2	2	3	2	2	5-6	-	3	-	2	2	-	2	2
Б. черная	5-10	2	3	3	1	-	4-7	50	1	-	-	-	-	-	-
Калина обыкновенная	1,5-4	3	3	2	2	2	5-6	50	3	-	-	-	-	2	1
К. гордовина	2-2,5/4	3	3	2	2	-	-	-	-	0	-	-	-	2	2
Жимолость золотистая	2-4	3	2	3	2	-	4-6	>32	1	-	-	-	-	-	-
Ж. обыкновенная	2/3	3	1	2	2	-	4-6	-	3	-	2	-	-	-	-
Ж. алтайская	1-2	3	1	3	2	-	5	-	3	-	2	-	-	2	-

Продолжение табл. 8

Семейство, вид	Признаки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ж. съедобная	1-1,5/2	3	2	1	3	-	4-5	-	3	-	2	-	1	1	-
Ж. татарская	1,5-3/4	3	1	3	2	2	4-6	-	3	-	1	2	-	2	2
Снежноягодник белый	2	3	3	3	2	2	7-8	-	3	-	2	-	-	-	-
Березовые (Betulaceae)															
Береза бородавчатая	20-30	1	2	1	2	1	4-5	100/ 200	3	-	-	-	1	2	2
Б. даурская	18/25	1	3	1	2	-	5	-	1	1	1	-	-	2	-
Б. пушистая	/20	1	2	2	-	1	4-5	80/ 300	-	-	-	-	1	2	1
Б. ребристая	25-30	1	3	3	-	-	5	90/ 250	2	1	1	-	-	2	-
Б. извилистая	1-4/8	2	2	1	3	-	5-7	-	-	-	-	-	-	-	-
Ольха черная	25-35	1	2	1	2	-	4-5	100-300	3	-	-	-	1	2	-
О. серая	15/23	2	2	2	2	-	4-5	50-60	3	-	-	-	1	2	-
Ольховник кустарниковый	4-5/7	2	1	3	3	-	4-7	-	-	2	-	-	-	-	-
Лещина обыкновенная	2-5/7	3	3	2	2	-	3-4	30/ 180	3	-	-	1	1	-	2
Маслиновые (Oleaceae)															
Сирень амурская	5-8/15	2	2	1	2	2	5-7	50	3	-	-	-	-	2	-
С. венгерская	3-5/9	3	2	-	2	-	5-6	50	-	-	-	-	-	2	2
С. волосистая	3-6	3	2	-	2	2	5	50	-	-	-	-	-	-	-
С. обыкновенная	5-7/9	2	1	1	2	1	5-6	>50	3	-	-	-	-	-	-
Ясень пенсильванский	10-25	1	2	1	2	2	-	150-350	3	-	-	-	1	2	2
Я. маньчжурская	25-35	1	-	-	2	1	5	150-350	-	-	-	-	2	-	-
Барбарисовые (Berberidaceae)															
Б. обыкновенный	3	3	1	2	3	1	6	-	3	-	2	-	-	-	-
Б. Тунберга	2,5	3	2	1	1	-	5-6	-	3	-	-	-	-	-	-
Б. амурский	2,2/3,5	3	2	1	1	-	5-6	-	3	-	-	-	-	-	-
Б. разноножков.	-	3	2	1	-	-	5-6	-	3	-	-	-	-	-	-
Магония падуболистная	1	3	3	2	2	3	5	-	3	-	-	-	-	-	-
Крыжовниковые (Grossulariaceae)															
Смородина альпийская	1-3	3	2	-	2	2	-	-	3	-	2	-	1	-	-
С. золотистая	1-1,3/3	3	1	2	2	2	5	-	3	-	2	2	1	-	2
С. черная	0,6-1/2	3	3	2	2	2	5	40-50	3	-	-	-	-	-	-
С. красная	1-1,5/2	3	2	2	3	-	5-6	>20-25	3	-	1	-	-	-	-
Гортензиевые (Hydrangeaceae)															
Чубушник тонколистный	2-2,5/3	3	3	2	2	2	6-7	20-25	3	2	2	-	-	-	-

Окончание табл. 8

Семейство, вид	Признаки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
К л е н о в ы е (Aceraceae)															
Клен гиннала	4-6/8	2	2	1	2	-	5-6	-	1	-	-	-	-	2	1
К. остролистный	15-30	1	3	3	2	1	5	212/ 300	1	-	-	1	1	2	-
К. серебристый	25/40	1	2	3	2	2	4	90/ 300	1	-	-	-	1	2	-
К. татарский	6-12	2	2	1	3	2	5-6	-	3	-	-	2	-	1	2
К. ясенелистный	20-25	1	2	-	2	2	4-5	55/ 100	2	-	2	-	-	2	2
К и п а р и с о в ы е (Cupressaceae)															
Можжевельник обыкновенный	1-8/15	2	1	1	3	2	6	>100- 300	3	1	2	2	2	1	2
М. сибирский	0,3-1	3	2	-	3	1	5	-	1	1	-	-	2	1	-
Туя западная	12-19	1	1	3	2	3	6	>100	3	-	2	2	-	-	-
Л о х о в ы е (Elaeagnaceae)															
Лох серебристый	3-4	3	2	1	2	2	5-6	-	3	2	2	-	-	1	1
Л. узколистный	/10	2	1	1	2	3	5-6	65/ 100	3	2	2	2	2	2	2
Облепиха крушиновая	4-5/10	2	2	1	2	2	4-5	50	3	-	1	2	1	-	2
Б о б о в ы е (Fabaceae)															
Карагана древовидная	0,2-5/7	2	1	1	2	1	5-6	>200	2	-	2	2	1	2	2
Маака амурская	10/25	2	1	3	3	-	7	200-250	3	-	-	-	-	2	1
И л ь м о в ы е (Ulmaceae)															
Вяз гладкий, или обыкновенный	25-35	1	2	2	2	1	4-5	100/ 500	1	-	2	2	2	2	-
В. приземистый	16-17	1	2	1	2	-	5	-	1	-	2	2	2	2	2
Б у к о в ы е (Fagaceae)															
Дуб монгольский	20/26	1	2	1	1	2	5	>350	3	-	-	-	2	-	1
Д. черешчатый	30-40	1	3	1	1	2	6	600/ 800	1	-	-	2	2	1	2
Б е р е с к л е т о в ы е (Celastraceae)															
Б. европейский	3/7	3	3	1	2	2	5-6	50-80	3	-	2	-	-	2	2
Б. бородавчатый	4-6/7	1	1	3	-	2	5-6	50-80	2	-	2	-	1	1	-
Л и п о в ы е (Tiliaceae)															
Л. мелколистная	25-35	2	2	3	2	1	6-7	500/ 800	3	-	-	1	2	1	1
Р у т о в ы е (Rutaceae)															
Бархат амурский	20-28	1	3	2	3	2	6	300	3	-	-	-	2	2	2

3. Изучить взаимосвязи между признаками деревьев и кустарников.

3.1. Выписать из табл. 8 значения следующих пар признаков растений:

- а) скорость роста (признак 14) – устойчивость к засухе (признак 15);
- б) скорость роста (признак 14) – выносливость к засолению (признак 12);
- в) скорость роста (признак 14) – устойчивость к дыму и газам (признак 6);
- г) скорость роста (признак 14) – устойчивость к холоду (признак 5);

Занести эти данные в табл. 9–12.

Таблица 9

Связь роста и засухоустойчивости растений

Засухоустойчивость	Рост	
	1 – медленный	2 – быстрый
1 – малая		
2 – большая		

Таблица 10

Связь роста и солевыносливости растений

Солевыносливость	Рост	
	1 – медленный	2 – быстрый
1 – нет		
2 – есть		

Таблица 11

Связь роста и газоустойчивости растений

Газоустойчивость	Рост	
	1 – медленный	2 – быстрый
1 – малая		
2 – средняя		
3 – высокая		

Таблица 12

Связь роста и морозостойкости растений

Морозостойкость	Рост	
	1 – медленный	2 – быстрый
1 – малая		
2 – средняя		
3 – высокая		

В таблицах указать число видов растений с тем или иным сочетанием значений признаков. В табл. 9 и 10 просуммировать данные по горизонтали и вертикали, как в корреляционной решетке (табл. 13).

Для пар признаков а) и б) рассчитать коэффициенты корреляции, используя следующие формулы (Рокицкий, 1961, с. 191):

$$r = ad - bc / \sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}.$$

Вследствие того, что группировка на классы является грубой, значение r может оказаться несколько завышенным. Более правильное значение получается при внесении в формулу поправки:

$$r = [|ad - bc| - n/2] / \sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}.$$

Прямые скобки означают, что надо брать абсолютное значение разности $ad - bc$.

Таблица 13

Схема корреляционной решетки
при альтернативных признаках

Y	X		
	0	1	Σ
0	a	b	$a + b$
1	c	d	$c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$n = a + b + c + d$

В случае $r > 0,5$ имеется сильная связь между признаками, при $r < 0,5$ – слабая связь. Положительная корреляция означает, что при увеличении значения одного признака увеличивается значение другого. Отрицательная корреляция бывает в том случае, когда увеличение значения одного признака сопровождается уменьшением значения другого признака.

После выполнения задания 3.1 ответить на **вопрос**, связана ли со скоростью роста устойчивость деревьев и кустарников к морозам, к промышленным газам, к засолению почв и засухе?

3.2. Построить графики, выражающие зависимость между значениями следующих пар признаков:

а) предельная высота растения (признак 1) – требовательность к плодородию и составу почвы (признак 3). Сделать графики для семейства ивовых, а также для всех видов растений вместе;

б) предельный срок жизни (признак 8) – устойчивость к холоду (признак 5). Сделать отдельные графики для видов из семейства розоцветных и семейства сосновых.

Пояснение. Вдоль оси абсцисс следует откладывать продолжительность жизни от 0 до 300 лет и от 200 до 1000 лет или высоту растения (от 0 до 80 м), по ординате – 1, 2 или 3, т. е. выраженные в баллах значения устойчивости к холоду (признак 5); то же самое сделать со значениями признака 3 (требовательность к плодородию и составу почвы).

Расчеты на компьютере показали, что коэффициенты корреляции r между продолжительностью жизни и морозостойкостью составили у этой выборки видов из семейства розоцветных +0,712, из семейства ивовых

–0,502, из семейства сосновых –0,160, а для имеющих в таблице представителей всех семейств вместе +0,038, причем в двух последних случаях графики, отражающие связь между параметрами, были криволинейны.

Вопрос. Как влияет систематическое положение растений на характер связи между изученными признаками:

а) между продолжительностью жизни деревьев и кустарников и морозостойкостью;

б) между высотой растений и требовательностью к плодородию почвы?

3.3. В табл. 8 найти и изучить встречаемость следующих пар признаков растений: скорость роста (признак 14) и отношение к свету (признак 4). Записать значения этих признаков в табл. 14.

Таблица 14

Связь роста и светолюбивости деревьев и кустарников

Светолюбивость	Рост	
	1 – медленный	2 – быстрый
1 – высокая		
2 – средняя		
3 – теневыносливые		

Вопросы

1. Различаются ли быстро- и медленнорастущие деревья и кустарники по доле светолюбивых растений?

2. Какие эколого-ценотические стратегии присущи этим видам?

3. Являются ли видовые параметры 4 и 14 составными частями одинакового адаптивного комплекса?

ЗАНЯТИЕ 5

Разнообразие и сходство растительных сообществ Свердловской области

Видовое разнообразие экосистемы (биоценоза) считают одной из главных ее характеристик, так же как и структуру пищевой сети, биомассу, продуктивность, устойчивость, положение в сукцессионном ряду. Видовое богатство фитоценоза – его важнейшая интегральная характеристика, отражающая его историю, сложность и структурированность. Есть разные способы измерять состав и разнообразие сообщества при учете числа видов и количественных отношений между ними.

Задача этого занятия – ознакомиться с одним из наиболее простых приемов изучения разнообразия и сходства экосистем без подробных сведений о всех видах фитоценоза. Меры сходства и разнообразия обычно применяют к видовым выборкам из природных сообществ. В этом занятии их используют для решения задачи другого масштаба – при оценке разнообразия и сходства растительных сообществ Свердловской области. Основанием для такой смены масштабов исследования служит вывод о том, что сравнение между собой различных сообществ, особенно биогеоценозов, следует проводить не только на уровне видов, но и на уровне более крупных (функциональных, трофических и систематических) групп (Некрасова, Вигоров, 2010).

Центральная и северо-западная части Свердловской области относятся к Уральской горной физико-географической стране, восточная и юго-восточная – к Западно-Сибирской равнинной стране, а юго-западная часть – к Восточно-Европейской равнинной стране. Вдоль области и восточных подножий горного Урала проходит граница умеренно-континентального и континентального секторов Евразии. Всё это в целом определяет ландшафтное, климатическое, почвенное и растительное разнообразие территории области, в том числе разнообразие лесной растительности. Оно отражено на картах лесорастительных условий Свердловской области (Колесников и др., 1973) и карте растительности (Горчаковский и др., 1997).

Леса области, особенно среднеуральские горнозаводские и зауральские, на протяжении трех столетий подвергались длительной, разносторонней и интенсивной эксплуатации, а также постоянному воздействию лесных пожаров. Все это вызывало смену лесных пород, изменения в разнообразии лесных сообществ (Некрасова, Вигоров, 2010).

Цель занятия

Ознакомиться с геоботанической картой Свердловской области и картой лесорастительного районирования. Научиться применять индекс разнообразия Макинтоша, индексы общности Чекановского – Сьеренсена и Жаккара при изучении растительных сообществ.

Материал

Карта растительности Свердловской области (из карты растительности Урала, 1997) и схема растительных областей, провинций и округов Свердловской области, калькулятор.

Задание 1

Записать в тетрадь формулы и примеры расчетов.

Индекс разнообразия Макинтоша (Песенко, 1982) (обычно применяют к данным о числе видов):

$$\Delta'(D) = (N - D) / (N - \sqrt{N}),$$

где D – мера разнообразия, причем $D = \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + \dots + n_i^2}$;
 N – общее число растительных сообществ;
 S – количество типов сообществ;
 n_1, n_2, \dots, n_i – число сообществ в растительном округе.

Пример для расчета индекса

Имеем $S = 5$, $N = 50$, $n_1 = 30$, $n_2 = 10$, $n_3 = 5$, $n_4 = 3$, $n_5 = 2$. Получим следующее:

$$D = \sqrt{30^2 + 10^2 + 5^2 + 3^2 + 2^2} = 32,3$$

$$\Delta'(D) = (50 - 32,2) / (50 - \sqrt{50}) = 17,8 / (50 - 7,07) = 17,8 / 42,93 = 0,414.$$

Чем больше абсолютная величина индекса Макинтоша, тем больше разнообразие растительного округа.

Индекс общности Чекановского – Сьеренсена:

$$I_{CS} = 2a / (a + b) + (a + c),$$

где a – число растительных сообществ, присутствующих в обоих растительных округах;

b – число растительных сообществ, имеющих только в первом растительном округе;

c – число растительных сообществ, имеющих только во втором растительном округе.

Чем больше абсолютная величина индекса I_{CS} , тем больше сходство между двумя сравниваемыми растительными округами.

Индекс общности Жаккара:

$$I_J = q / (a + b) - q,$$

где q – число общих видов растительных сообществ;

a – число растительных сообществ, имеющих в первом растительном округе;

b – число растительных сообществ, имеющих во втором растительном округе.

Далее смотрим табл. 15.

Таблица 15

Степень общности между растительными округами

Степень общности	Коэффициент Жаккара
Нет соответствия	Меньше 0,2
Малое соответствие	0,2–0,65
Большое соответствие	0,65
Полное соответствие	1

Задание 2 (выполнить по четырем вариантам):

- расшифровать обозначения и записать названия сравниваемых округов;
 - рассчитать индексы разнообразия Макинтоша, индексы сходства Чекановского – Сьеренсена и Жаккара;
 - ответить на **вопросы**.
1. Какие изученные растительные округа наиболее разнообразны? Чем это можно объяснить?
 2. Какие пары растительных округов более сходны по своему составу и почему?

Варианты работы

Сравнить между собой растительные сообщества, расположенные по направлению с севера на юг области в пределах указанных лесорастительных областей или провинций:

- 1 вариант – Уральская горная область (У–Iа, У–IIб, У–IIв);
- 2 вариант – Зауральская холмисто-предгорная провинция (С–VIа, С–VIб, С–VIв);
- 3 вариант – Зауральская равнинная провинция (С–VIIб, С–VIIв, С–VIIд);
- 4 вариант – Тобольско-Приобская равнинно-болотная провинция (С–VIIIа, С–VIIIб, С–VIIIв).

Сравнить сообщества лесорастительных провинций, расположенных с запада на восток:

- 1 вариант – Уральская горная область и Зауральская холмисто-предгорная провинция (У и С–VI);
- 2 вариант – Уральская горная область и Зауральская равнинная провинция (У и С–VII);
- 3 вариант – Зауральская холмисто-предгорная провинция и Зауральская равнинная провинция (С–VI и С–VII);
- 4 вариант – Зауральская равнинная провинция и Тобольско-Приобская равнинно-болотная провинция (С–VII и С–VIII).

Пример для проведения работы

На территории округа В–III встретились следующие растительные сообщества: 7в, 5, 6, 5, 5, 7в, 5, 7в, 6, 8в, 5, 8г, 10, 6, 7г, 7г, 6, 8г.

Сообщество 5 встретилось 5 раз, сообщество 6 – 4 раза, 7в – 3 раза, 7г – 2 раза, 8в – 1 раз, 8г – 2 раза, 10 – 1 раз. Следовательно, имеем $S = 7$, $N = 18$.

В округе В–IVг растительное сообщество 6 встретилось 2 раза, 7г – 2 раза, 8г – 1 раз. Следовательно, $S = 3$, $N = 5$.

Рассчитать индекс разнообразия для округа В–IIIг.

При $D = \sqrt{5^2 + 4^2 + 3^2 + 2^2 + 1^2 + 2^2 + 1^2} = \sqrt{60} = 7,745$
 $\Delta'(D) = 18 - D / (18 - \sqrt{18}) = (18 - 7,745) / (18 - 4,242) = 10,255 / 13,758 = 0,745$.

Рассчитать индекс разнообразия для округа В–IVг (при $S = 3$, $N = 5$).

При $D = \sqrt{2^2 + 2^2 + 1^2} = \sqrt{9} = 3$

$\Delta'(D) = (5 - 3)/(5 - \sqrt{5}) = (5 - 3)/(5 - 2,236) = 2/2,764 = 0,723$.

Далее рассчитать величину индекса общности Чекановского – Сьеренсена между этими округами.

В округе В–IIIг семь растительных сообществ – 5, 6, 7в, 7г, 8в, 8г, 10. В округе В–IVг три растительных сообщества – 6, 7г, 8г. Для обоих округов имеется три сходных сообщества – 6, 7г и 8г. В округе В–IIIг четыре растительных сообщества, характерные только для него. Величина индекса будет следующей:

$I_{CS} = 2 \times 3/(3 + 4) + (3 + 0) = 6/(7 + 3) = 6/10 = 0,6$.

ЗАНЯТИЕ 6

Выявление связи экологических и биологических признаков древесных растений Среднего Урала и их газоустойчивости

Ученые, которые изучают устойчивость древесных и кустарниковых пород к промышленным газам, полагают, что с наибольшей вероятностью устойчивы к газам те растения, которые резистентны и к другим неблагоприятным факторам. Замечено, что у газоустойчивых видов понижена интенсивность газообмена и поглощения SO_2 , увеличена длительность вегетации и развития. Им присущи поздний и короткий период цветения, некоторые приспособления к действию других экстремальных факторов (черты ксероморфности и суккулентности в строении листьев, большее число устьиц на 1 мм^2 поверхности листа, большая толщина кутикулы), общая экологическая пластичность, повышенная регенерационная способность и другие особенности.

Цель занятия

Выявить сочетания признаков древесных растений, связанных с их газоустойчивостью.

Материал

Таблица «Экологические характеристики деревьев и кустарников Урала» (см. табл. 8). Таблицы из книги В. С. Николаевского «Биологические основы газоустойчивости растений» (1979).

Задание 1

Из табл. 8 выбрать данные по газо- и дымоустойчивости деревьев и кустарников Урала (признак 6). Сравнить газоустойчивость разных жизненных форм (признак 2). Величины признаков, выписанные из табл. 8, поместить в табл. 16.

Таблица 16

Связь устойчивости к газам и дымам с жизненной формой растений
(Некрасова, Вигоров, 2010)

Жизненные формы	Газоустойчивость		
	1 – малая	2 – средняя	3 – высокая
1 – деревья			
2 – деревья и кустарники			
3 – кустарники			

Ответить на **вопрос**: связана ли газоустойчивость растений Урала с их жизненной формой?

Задание 2

Построить графики зависимости между значениями следующих пар признаков:

- а) поглощение SO_2 и повреждаемость листьев растений дымом и газами;
- б) повреждаемость и интенсивность фотосинтеза разных древесных пород. Для этого надо использовать данные табл. 17.

Задание 3

Используя данные табл. 18, построить графики зависимости между величинами следующих пар признаков:

- а) повреждаемость и количество устьиц на 1 мм^2 ;
- б) повреждаемость и толщина верхней кутикулы;
- в) повреждаемость и толщина верхнего эпидермиса.

Таблица 17

Интенсивность фотосинтеза у различных
по газоустойчивости древесных пород

Вид	Повреждаемость, %	Фотосинтез имп/мин на 1 дм^2	Активность S^{35} в 1 г, имп/мин
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Вяз гладкий	8,2	3 045	32 928
Жимолость татарская	8,2	8 360	98 792
Бересклет европейский	11,9	2 250	150 114
Клен ясенелистный	26,6	3 650	54 537
Черемуха обыкновенная	26,2	16 750	161 745
Ясень пенсильванский	21,0	3 550	57 130
Снежноягодник белый	22,5	1 270	159 850

Окончание табл. 17

1	2	3	4
Облепиха крушиновидная	23,0	2 000	85 018
Бузина красная	24,2	2 620	122 837
Гречиха сахалинская	25,4	3 400	157 451
Сирень обыкновенная	25,9	1 500	81 302
Вишня	26,3	3 640	105 202
Тополь черный	28,6	4 860	95 505
Тополь бальзамический	29,0	843	125 211
Свидина белая	29,0	5 300	212 193
Чубушник венечный	31,1	5 720	144 136
Сирень мохнатая	31,1	1 800	91 330
Кизильник блестящий	34,1	2 520	61 445
Клен остролистный	35,0	5 200	74 752
Клен татарский	35,6	1 150	103 630
Слива	35,8	14 030	117 368
Клен серебристый	42,0	1 230	120 343
Калина обыкновенная	42,6	12 800	164 277
Смородина золотистая	43,2	5 057	153 735
Тополь белый	44,5	2 660	163 704
Крушина слабительная	45,5	880	106 179
Боярышник кроваво-красный	48,6	1 680	109 595
Груша	49,0	-	128 371
Яблоня сибирская	49,6	13 000	114 659
Пузыреплодник калинолистный	50,6	5 500	132 302
Береза повислая	51,8	3 800	115 782
Липа мелколистная	54,5	2 175	156 882
Рябина обыкновенная	54,6	6 500	211 572
Рябинник рябинолистный	56,5	7 050	176 832
Карагана древовидная	59,0	11 550	199 403
Барбарис обыкновенный	59,3	3 160	25 826
Груша уссурийская	59,8	10 000	133 461
Осина	60,0	1 390	412 389
Роза морщинистая	61,1	-	323 562
Ирга колосистая	61,1	5 400	94 525
Ива белая	62,0	12 000	128 632
Лещина обыкновенная	62,5	-	212 828

Таблица 18

Морфологическое строение листьев
древесных пород и газоустойчивость

Вид	Повреж- даемость, %	Число устьиц на 1 мм ²	Толщина верхней кутикулы, мкм	Толщина верхнего эпидермиса, мкм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Вяз обыкновенный	8,2	200	1,4	20,0
Жимолость татарская	8,2	158	1,25	32,7
Бересклет европейский	11,9	228	1,8	15,0
Клен ясенелистный	26,6	327	1,8	17,0
Ясень пенсильванский	21,0	166	1,25	10,5
Снежнаягодник	22,5	206	1,75	16,2
Облепиха крушиновидная	23,0	90,6	1,6	13,4
Бузина красная	24,2	75	2,1	32,9
Гречиха сахалинская	25,4	94	1,2	20,5
Сирень обыкновенная	25,9	234	1,6	21,9
Черемуха обыкновенная	26,2	180	1,5	20,0
Вишня	26,3	173	1,95	23,0
Тополь черный	28,6	211	1,75	17,6
Тополь бальзамический	29,0	121	1,18	19,2
Свидина белая	29,0	282	1,5	8,9
Чубушник венечный	31,1	106	1,3	28,3
Сирень мохнатая	31,1	158	1,6	13,6
Кизильник блестящий	34,3	142	1,8	23,6
Клен остролистный	35,0	292	1,3	17,9
Клен татарский	35,6	538	1,5	14,0
Слива	35,8	136	1,6	19,3
Клен серебристый	42,0	50	1,55	14,9
Калина обыкновенная	42,6	186	1,3	19,0
Смородина золотистая	43,2	83	1,1	15,0
Тополь белый	44,5	146,5	1,4	16,2
Крушина слабительная	45,5	94	1,1	19,0
Боярышник крово-красный	48,6	109	1,4	17,0
Груша	49,0	90	1,7	13,6
Яблоня сибирская	49,6	158	1,6	15,1
Пузыреплодник калинолистный	50,6	113	1,4	17,0

Окончание табл. 18

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Береза повислая	51,8	154	-	-
Липа мелколистная	54,5	151	1,2	21,7
Рябина обыкновенная	54,6	121	1,3	21,0
Рябинник рябинолистный	56,5	196	1,6	14,3
Карагана древовидная	59,0	148	1,8	13,4
Барбарис обыкновенный	59,3	184	1,6	18,8
Груша уссурийская	59,8	124	1,6	29,2
Осина	60,6	-	-1,3	13,5
Роза морщинистая	61,1	-	-	-
Ирга колосистая	61,1	855	1,5	31,7
Ива белая	62,0	165	1,3	15,7
Лещина обыкновенная	62,5	87	1,8	10,6
Барбарис Тунберга	78	63	1,6	15,3

Вопросы

1. Действительно ли газоустойчивость древесных пород коррелирует с интенсивностью фотосинтеза, а если нет, то почему?
2. Каков характер графика зависимости между этими параметрами?
3. Полезен ли такой график при выборе газоустойчивых пород?
4. Связана ли повреждаемость древесных пород с толщиной верхнего эпидермиса или с интенсивностью поглощения сернистого газа?

ЗАНЯТИЕ 7

Почвенные беспозвоночные животные – индикаторы рекреационной нагрузки на берегу озера Песчаное

Экосистема водосборного бассейна оз. Песчаное является ценным биосферным, ландшафтным и социальным ресурсом. Она выполняет и важную рекреационную функцию, которая заключается в удовлетворении потребностей населения в отдыхе с сохранением целостности этой природной экосистемы (Некрасова, Вигоров, 2010).

Экосистема оз. Песчаное давно используется для организованного отдыха населения Екатеринбурга. Рекреационную нагрузку несут как озеро, так и леса по его берегам. При расчете допустимых рекреационных нагрузок учитывают возраст лесов, рельеф почвы, тип леса (Оценка экологического состояния, 2007). Для спелых лесов Свердловского горлеса

в условиях пересеченной местности допустимы следующие среднегодовые единовременные рекреационные нагрузки, чел./га:

- сосняк брусничный – 0,10;
- сосняк ягодниковый – 0,23;
- сосняк липняковый разнотравный – 0,43;
- сосняк травяно-зеленомошный – 0,23;
- сосняк мшисто-хвощевой – 0,1;
- сосняк сфагновый – 0,03.

Для березовых лесов допустимые нагрузки оказались значительно больше. На склонах более 10° допустимую нагрузку находят через понижающий коэффициент 0,6, т.е. по склонам горы Пшеничная около оз. Песчаное она равна: $0,1 \times 0,6 = 0,06$ чел./га. Следовательно, на 100 га бруснично-зеленомошного леса на склоне с крутизной более 10° в течение дня в году может находиться в среднем шесть человек. Степень подготовленности леса к рекреационным нагрузкам оценивают по длине организованной дорожно-тропиночной сети в м/га. Она увеличивает допустимые рекреационные нагрузки.

Состояние почвенной фауны характеризует влияние рекреационной нагрузки на береговую лесную экосистему. Для целей биологической индикации наземных экосистем чаще выбирают таких животных, которые обильны и достаточно оседлы. Этими свойствами обладают многие виды беспозвоночных животных.

Беспозвоночные животные, обитающие в почве (мезофауна), являются одним из структурно-функциональных звеньев наземных экосистем. Об их большой роли в процессах превращения вещества и энергии в экосистеме свидетельствует уже то, что они составляют 70–80 % всей биомассы наземных сообществ (Гиляров, Криволуцкий, 1971), поэтому беспозвоночные играют важную роль в почвообразовательном процессе. Они могут служить хорошими биоиндикаторами изменений окружающей среды, в том числе антропогенного происхождения (Некрасова, 1993; Степанов и др., 1992).

На берегу озера Песчаное были выбраны 3 участка: в 50, 500 и 1000 м от спортлагеря «Буревестник» Уральского федерального университета (УрФУ–УПИ) в сосновом лесу у подножья горы Пшеничная. При сборе почвенных беспозвоночных использовали метод почвенных раскопок с последующей ручной разборкой (Количественные методы..., 1987). Пробы размером $25 \times 25 \times 30$ см брали в семи повторностях на каждом участке. Животных выбирали из земли, корешков, листвы и хвои, фиксировали их в этаноле. Перед фиксацией дождевых червей содержали в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге, чтобы очистить их кишечник от почвы. Взвешивали мелких беспозвоночных на торсионных весах WT (до 50 мг), дождевых червей – на технических весах.

Численность и биомассу мезофауны на берегах оз. Песчаное оценили на участках с разной степенью рекреационной нагрузки. Различия между участками хорошо видны по этим двум показателям (табл. 19).

Таблица 19

Численность (N , экз./м²) и биомасса (W , мг/м²) почвенных беспозвоночных животных на берегу озера Песчаное

Систематические группы	Расстояние от спортлагеря «Буревестник» УрФУ-УПИ, м					
	50 – участок № 1		500 – участок №2		1000 – участок № 3	
	N	W	N	W	N	W
Lumbricidae, Дождевые черви	41,12	22422,0	50,24	23234,0	77,60	34560,0
Chilopoda, Многоножки	2,24	10,24	6,88	20,96	13,76	56,64
Aranea, Пауки	–	–	9,12	176,0	4,48	44,16
Insecta, общее (Насекомые)	6,72	57,60	13,60	141,28	54,72	490,72
Hemiptera, Клопы	2,24	15,36			2,24	9,44
Elateridae, Щелкуны	4,48	35,52	11,36	123,20	43,36	462,24
Chrysomelidae, Листоеды	–	–	–	–	2,24	2,24
Coleoptera (жуки) прочие	–	–	2,24	18,08	6,88	16,80
Всего	50,08 (100%)	22483,12	79,84 (100%)	23572,24	150,56 (100%)	35151,5
Всего (без червей в одной из проб в 50 м от лагеря)	8,96	61,12	79,84	23572,24	150,56	35151,5

Цель занятия

Оценить состояние мезофауны в зависимости от рекреационной нагрузки на прибрежную экосистему.

Материал

Табл. 19 «Численность (N , экз./м²) и биомасса (W , мг/м²) основных групп почвенных беспозвоночных животных на берегу озера Песчаное»

и табл. 20 «Характеристики участков, где были взяты пробы мезофауны» из главы, написанной Л. С. Некрасовой в монографии В. Д. Богданова с соавторами (Оценка экологического состояния, 2007).

Задание

1. Записать в тетрадь рекреационные нагрузки в сосняках Среднего Урала.
2. Перенести в тетрадь табл. 19 и 20.
3. Рассчитать процентное отношение групп животных по их численности на трех участках.
4. Оценить разнообразие животных по числу таксономических групп.
5. Описать состояние опада, подстилки и дернины на исследуемых участках.
6. Соотнести численность и биомассу беспозвоночных (см. табл. 19) с количественными данными опада, подстилки и дернины (см. табл. 20).

Таблица 20

Характеристики участков, где были взяты пробы мезофауны

Показатели		Расстояние от спортлагеря «Буревестник» УрФУ-УПИ, м		
		50 – участок № 1	500 – участок № 2	1000 – участок № 3
Опад, см	<i>M</i>	0,243	1,428	0,357
	<i>n</i>	7	7	7
	<i>lim</i>	0,1–0,5	1,0–2,0	0,3–0,5
Подстилка, см	<i>M</i>	1,0	0,773	1,140
	<i>n</i>	2	11	5
	<i>lim</i>		0,3–1,5	0,5–2,0
Дернина, см	<i>M</i>	–	6,958	8,083
	<i>n</i>		12	12
	<i>lim</i>		6,0–10,0	5,0–12,0

Вопросы и задания

1. Какой участок больше всего подвергается рекреационной нагрузке?
2. Какие группы животных можно использовать как виды-индикаторы для оценки рекреационной нагрузки?
3. Написать общий вывод по данной работе.

ЗАНЯТИЕ 8

Морфологическая изменчивость кровососущего комара-пискуна (*Culex pipiens* L.) из разных популяций г. Екатеринбурга

Кровососущие комары, как важнейший компонент энтомофауны, являются вредными членистоногими в городской среде. Они переносят возбудителей таких болезней, как малярия, туляремия, энцефалиты, лихорадка Западного Нила и др., вызывают аллергические реакции у человека.

Исследования индивидуальной изменчивости кровососущих комаров могут дать сведения о приспособительном значении и последствиях изменений насекомых, идущих под влиянием различных факторов среды.

Изучать изменчивость разных признаков в популяциях кровососущих комаров стоит потому, что личинки у большинства видов комаров России обитают в эфемерных сообществах. Разнообразие, структура, формирование и работа таких экосистем недостаточно изучены. Получение данных об изменчивости комаров желательно также потому, что существуют эколого-физиологические и экологические различия между видами родов *Aedes* и *Culex* (Некрасова, 1997). Важно оно в свете дискуссий о таксономическом статусе, происхождении, о распространении в городах и причинах экологической пластичности видовых форм комаров комплекса *Culex pipiens* (Виноградова, 1997). Исследования генетической дифференциации популяций *C. p. pipiens*, *C. p. molestus* и *C. torrentium* в разных местах Западной Сибири и Республики Казахстан по результатам RAPD-анализа показали (Сибатаев, 2007), что все изученные выборки разделяются на три кластера. Генетические расстояния между первыми двумя видовыми формами комаров оказались не намного меньше, чем между ними и комаром *C. torrentium*.

Накопление данных по изменчивости комаров *C. p. pipiens*, антропофильные подвальные колонии которых являются серьезной проблемой в некоторых городах, позволит всесторонне описать и оценить разнообразие этого вида, выявить новые аспекты его полиморфизма, возможные проявления ретикулярной эволюции, гетерозисных и других явлений. Это позволит описать разнообразие кровососущих комаров России и наметить пути к решению такой проблемы: как адаптационное разнообразие популяций, видовых форм, видов и сообществ комаров помогает им проявлять немалую жизнеспособность в изменяющихся условиях (Некрасова, Вигоров, 2008, 2010).

Цель занятия

Научиться оценивать достоверные различия между выборками кровососущих комаров.

Материал

Личинок *C. p. pipiens* собирали в разнообразных искусственных водоемах Екатеринбурга. В лаборатории выплаживали взрослых комаров (имаго). Взяли 3 выборки: 1 – ванна на даче в сосняке к западу от оз. Шарташ; 2 – бетонный водоем для сбора дождевой воды у стены церкви в парке Методистской церкви (ПМЦ) по ул. Шаумяна; 3 – углубления в бетонных основаниях для столбов на ул. Островского вблизи Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук.

О размерах взрослых комаров судят по длине их крыла, хоботка, бедра конечностей. Для изучения морфологической изменчивости взрослых комаров *C. p. pipiens* использовали размеры обоих крыльев комаров, помещенных между предметными стеклами, а также длину хоботка, бедер передней и задней конечностей. Их измеряли с помощью окуляр-микрометра микроскопа МБС (объектив 2^X , окуляр 8^X).

Таблицы взяты из книги «Экологическое разнообразие кровососущих комаров Урала» (Некрасова и др., 2008).

Задание

1. Перенести в тетрадь табл. 21.
2. Объяснить следующие обозначения: M ; m ; σ ; CV , n .
3. Сравнить **средние значения** признаков. Используя критерий Стьюдента, оценить достоверность различий между выборкам комаров.
4. Для оценки изменчивости каждого признака рассчитать коэффициенты вариации ($KB - CV$,). Записать их в таблицу.

Таблица 21

Размеры взрослых комаров *Culex pipiens* (г. Екатеринбург)

Выборка	Размеры частей тела имаго (в окуляр-микрометрах; объектив 2^X , окуляр 8^X)						
	1*	2	3	4	5	6	7
	Самки						
1. Оз. Шарташ, Екатеринбург	M	48,07	46,73	51,33	89,72	26,57	90,03
	$\pm m$	0,291	0,386	0,353	0,308	0,119	0,283
	σ	1,596	2,116	1,936	1,661	0,653	1,553
	$CV, \%$	-	-	-	-	-	-
	n	30	30	30	29	30	30
2. ПМЦ, Екатеринбург	M	46,67	43,57	47,30	84,09	25,18	84,10
	$\pm m$	0,323	0,364	0,318	0,553	0,203	0,553
	σ	1,768	1,994	1,745	2,976	1,110	3,030
	$CV, \%$	-	-	-	-	-	-
	n	30	30	30	29	30	30

Окончание табл. 21

Выборка	Размеры частей тела имаго (в окуляр-микрометрах; объектив 2 ^x , окуляр 8 ^x)						
	1*	2	3	4	5	6	7
	Самки						
3. Островского, <i>M</i>	37,36	34,90	37,07	68,27	20,13	68,23	20,15
Екатеринбург $\pm m$	0,293	0,301	0,386	0,626	0,174	0,642	0,168
σ	1,608	1,647	2,116	3,431	0,955	3,515	0,920
<i>CV</i> , %	-	-	-	-	-	-	-
<i>n</i>	30	30	30	30	30	30	30
Самцы							
1. Оз. Шарташ, <i>M</i>	52,07	42,57	46,40	78,67	20,73	78,71	20,38
Екатеринбург $\pm m$	0,249	0,361	0,364	0,410	0,187	0,446	0,191
σ	1,363	1,977	1,993	2,245	1,023	2,399	1,048
<i>CV</i> , %	-	-	-	-	-	-	-
<i>n</i>	30	30	30	30	30	29	30
2. ПМЦ, <i>M</i>	48,76	39,75	41,14	72,42	19,85	72,58	19,63
Екатеринбург $\pm m$	0,270	0,311	0,336	0,425	0,159	0,428	0,173
σ	1,455	1,647	1,807	2,327	0,872	2,345	0,946
<i>CV</i> , %	-	-	-	-	-	-	-
<i>n</i>	29	28	29	30	30	30	30
3. Островского, <i>M</i>	39,37	32,13	33,53	58,72	15,92	58,55	16,10
Екатеринбург $\pm m$	0,320	0,274	0,334	0,525	0,294	0,487	0,285
σ	1,751	1,502	1,833	2,876	1,614	2,576	1,537
<i>CV</i> , %	-	-	-	-	-	-	-
<i>n</i>	30	30	30	30	30	28	29

* 1 – длина хоботка; 2 – длина бедра передней конечности; 3 – длина бедра задней конечности; 4 – длина левого крыла; 5 – ширина левого крыла; 6 – длина правого крыла; 7 – ширина правого крыла.

Расчеты

Коэффициент вариации:

$$CV = (\sigma / M) 100 \text{ \%}.$$

Критерий Стьюдента:

$$t_{st} = (M_1 - M_2) / \sqrt{m_1^2 + m_2^2},$$

где *M* – это среднее значение;

m – ошибка среднего значения;

σ – среднее квадратичное отклонение;

n – объем выборки.

Если $t_{st} > 2$, то различия, как правило, достоверны. Для оценки уровня значимости следует использовать табл. 22.

Таблица 22

Стандартные отклонения критерия t Стьюдента

Число степеней свободы k	Уровни значимости P (двустороннее ограничение)			Число степеней свободы k	Уровни значимости P (двустороннее ограничение)		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
1	12,71	63,66	636,62	18	2,10	2,88	3,92
2	4,30	9,92	31,60	19	2,09	2,86	3,88
3	3,18	5,84	12,94	20	2,09	5,85	3,85
4	2,78	4,60	8,61	21	2,08	2,83	3,82
5	2,57	4,03	6,86	22	2,07	2,82	3,79
6	2,45	3,71	5,96	23	2,07	2,81	3,77
7	2,36	3,50	5,40	24	2,06	2,80	3,74
8	2,31	3,36	5,04	25	2,06	2,79	3,72
9	2,26	3,25	4,78	26	2,06	2,78	3,71
10	2,23	3,17	4,50	27	2,05	2,77	3,69
11	2,20	3,11	4,49	28	2,05	2,76	3,66
12	2,18	3,05	4,32	29	2,05	2,76	3,66
13	2,16	3,01	4,22	30	2,04	2,75	3,65
14	2,14	2,98	4,14	40	2,02	2,70	3,55
15	2,13	2,95	4,07	60	2,00	2,66	3,46
16	2,12	2,92	4,01	120	1,98	2,62	3,37
17	2,11	2,90	3,96	∞	1,96	2,58	3,29
	0,025	0,005	0,0005		0,025	0,005	0,0005
	Уровни значимости P (одностороннее ограничение)				Уровни значимости P (одностороннее ограничение)		
$k = n_1 + n_2 - 2$							

Вопросы

1. Есть ли различия между самцами и самками по размерам тела?
2. В какой части города комары были крупней?
3. В какой выборке и по какому морфологическому признаку комары были более изменчивы?

ЗАНЯТИЕ 9

Решение экологических задач

Цель занятия

Закрепить теоретические знания по экологии с помощью решения прикладных задач (Некрасова, Вигоров, 2010).

Материал

Задания взяты из учебного пособия О.В. Петунина (2008), а также из тестов интернет-экзамена (Некрасова, Вигоров, Яппарова, 2014).

Задание

1. Записать условия задачи.
2. Привести решение задачи.

ЗАДАЧИ

1. На питательную среду поместили 200 дрожжевых клеток. Их удвоение происходит за 4 часа. Сколько дрожжевых клеток будет через 1 сутки?

2. Предельно допустимая концентрация изучаемого вещества составляет 2 мг/л. В данном помещении его обнаружили 6,24 мг/л. Во сколько раз количество данного вещества превысило ПДК?

3. Построить *весеннюю* возрастную пирамиду популяции грачей, если численность составила 10 000 особей, из них 60 % родилось в прошлом году; 20 % – в позапрошлом, 15 % – трехлетние птицы; 3 % – четырехлетние; 2 % – старше четырех лет. Постройте *летнюю* возрастную пирамиду популяции, учитывая, что численность возросла в 4 раза (40 000 особей) за счет родившихся сеголеток. Условно считайте, что смертность взрослых грачей в этот период отсутствует.

4. Начертить возрастную пирамиду популяции большой синицы, если весной, до вылупления птенцов, 60 % популяции составляют птицы прошлого года рождения, участвующие в размножении первый раз, на двухлетних приходится 20 %, трехлетних – 8 %, четырехлетних – 5 %, пятилетних – 4 %, доля особей в возрасте от 6 до 10 лет – 3 %. Как изменится возрастная пирамида популяции большой синицы после вылета птенцов из гнезда, если численность до гнездования составляла 10 000 особей, а кладка в среднем состоит из 8 яиц при соотношении полов 1:1, условно считайте, что все особи на этом этапе выжили?

5. Площадь Юхновского охотничьего хозяйства составляет 39 000 га. Леса на этой площади относят к лесам среднего качества. Лесистость хозяйства 73 %. Численность лося ориентировочно определяется в 421 особь. Рассчитать плотность популяции лося. Дать оценку плотности популяции лося (низкая, оптимальная, высокая, очень высокая), если для лесов среднего качества плотность лося должна составлять 3–5 особей на каждые 1000 га.

6. В охотничьем хозяйстве численность стада лосей определяется в 500 особей. Рассчитать, на сколько голов будет увеличиваться стадо при ежегодном приросте 15 %. Указать, что произойдет с плотностью популяции, если территория хозяйства составляет 40 000 га (плотность рассчитывается по количеству лосей на 1000 га).

7. В начале сезона было помечено 1000 рыб. В ходе последующего лова в общем вылове из 5000 рыб обнаружилось 350 меченых. Какова была численность популяции перед началом промысла?

8. На территории площадью 100 км² ежегодно производили частичную рубку леса. На момент организации на этой территории заповедника было отмечено 50 лосей. Через 5 лет численность лосей увеличилась до 650 голов. Еще через 10 лет количество лосей уменьшилось до 90 и стабилизировалось в последние годы на уровне 80–110 голов. Определить численность и плотность поголовья лосей: а) на момент создания заповедника; б) через 5 лет после создания заповедника; в) через 15 лет после создания заповедника. Объяснить, почему сначала численность лосей резко возросла, а позднее упала и стабилизировалась.

9. В лесу зоологи равномерно расставили ловушки на зайцев-беляков. Всего было поймано 50 зверьков. Их поместили и отпустили. Через неделю отлов повторили. Поймали 70 зайцев, из которых 20 были уже с метками. Определить, какова численность зайцев на исследуемой территории, принимая во внимание, что меченные в первый раз зверьки равномерно распределились в лесу.

10. Построить график изменения заготовок шкурок зайца-беяка на севере европейской части России последовательно за 27 лет (объем заготовок приводится в баллах). Баллы: 2, 1, 2, 3, 3, 4, 5, 15, 30, 80, 100, 60, 55, 0, 1, 1, 1, 2, 8, 90, 100, 100, 130, 10, 2, 1, 2. Сколько лет длится один цикл в динамике численности зайца-беяка? Какой прогноз для заготовок шкурок будет более точным: на 1, на 5 или на 10 лет вперед?

11. Если популяция реагирует на собственную высокую плотность снижением рождаемости, то почему возможно чрезмерное размножение вредителей на полях и в садах?

12. Рассчитайте индекс сходства двух фитоценозов, используя формулу Жаккара:

$$K = C \times 100 \% / (A + B) - C,$$

где A – число видов данной группы в первом сообществе;

B – число видов во втором сообществе;

C – число видов, общих для обоих сообществ.

Индекс выражается в процентах сходства.

Первый фитоценоз – сосняк-черничник: сосна, черника, брусника, блестящий зеленый мох, майник двулистный, седмичник европейский, ландыш майский, гурдиера ползучая, грушанка круглолистная.

Второй фитоценоз – сосняк-брусничник-зеленомошник: сосна, брусника, блестящий зеленый мох, ландыш майский, грушанка средняя, зимолюбка, вереск обыкновенный, кукушник, плаун булавовидный.

Какие виды-доминанты характерны для первого и второго фитоценоза?

13. Рассчитайте индекс сходства двух фитоценозов, используя формулу Жаккара. Первый располагается в заповеднике, а второй в соседнем лесу, где отдыхают люди.

Список видов первого фитоценоза в заповеднике: дуб черешчатый, липа, лещина, осока волосистая, папоротник, подмаренник, сныть обыкновенная.

Список видов второго нарушенного фитоценоза: дуб черешчатый, яблоня, липа, одуванчик лекарственный, подорожник большой, осока волосистая, земляника лесная, сныть обыкновенная, крапива двудомная, горец птичий, лопух большой, череда.

Выписать названия видов, которые исчезли из дубравы под воздействием вытаптывания.

Выписать названия видов, появившиеся в дубраве благодаря вытаптыванию и другим процессам, которые сопутствуют отдыху людей в лесу.

14. Построить пирамиду чисел пищевой цепи *растения – кузнечики – лягушки – ужи – ястреб*, предполагая, что животные каждого трофического уровня питаются только организмами предыдущего уровня. Биомасса растений на исследуемой территории составляет 40 т. Биомасса одного побега травянистого растения равна 5 г (0,005 кг); одного кузнечика – 1 г (0,001 кг), одной лягушки – 10 г (0,01 кг); одного ужа – 100 г (0,1 кг); биомасса одного ястреба – 2 кг.

15. Зная закон Р. Линдемана, или правило 10 %, рассчитать, сколько понадобится фитопланктона, чтобы вырос один бурый медведь весом 350 кг (пищевая цепь: фитопланктон – зоопланктон – мелкие рыбы – лосось – медведь). Условно принять, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только представители предыдущего уровня.

16. Какое количество растительной биомассы (приблизительно) сохранит одна особь гигантской вечерницы (вид летучих мышей), весящая около 50 г и питающаяся крупными растительными жуками?

17. Если в лесу на площади 1 га взвесить отдельно всех насекомых, все растения и всех хищных позвоночных (земноводных, рептилий, птиц и млекопитающих вместе взятых), то представители какой группы суммарно будут самыми тяжелыми? Самыми легкими? Объяснить почему.

18. Общее содержание углекислого газа в атмосфере Земли составляет 1100 млрд т. Установлено, что за один год растительность ассимилирует почти 1 млрд т углерода. Примерно столько же его выделяется в атмосферу. Определить, за сколько лет весь углерод атмосферы пройдет через организмы.

19. Зная законы миграции элементов в биосфере, расположить места сбора лекарственных трав по возрастанию опасности для здоровья человека, которая может возникнуть при употреблении этих растений:

- в городе рядом с автомобильной дорогой;
- рядом с железнодорожным полотном;
- в лесу далеко от населенного пункта;
- рядом с деревней.

20. Постройте график роста численности населения на земном шаре. До начала XIX века она росла медленно. В 1700 г. численность составила 0,6 млрд человек. Рубеж первого миллиарда был преодолен в 1830 г., второго – в 1939-м, третьего – в 1960-м, четвертого – в 1975-м, пятого – 1987-м, шестого – 2000-м.

21. Статистические данные показывают, что более 80 % раковых заболеваний вызывается факторами окружающей среды. Долевое распределение причин, вызывающих рак человека, выглядит следующим образом: курение – 30 %, химические вещества пищи – 35, неблагоприятные условия работы – 5, спиртные напитки – 3, излучения – 3, загрязнения воздуха и воды – 2, другие причины – 5, причины, не связанные с влиянием окружающей среды, – 17 %.

Ежегодно в мире регистрируют 5,9 млн новых случаев заболеваний раком и умирает 3,4 млн. больных. Рассчитать, сколько человек в мире в год умирает от рака, вызванного курением.

22. Липа мелколистная живет в лесу до 300–400 лет, в городских условиях – до 150 лет. У сосен, растущих в городе, сучья на вершинах отмирают. В чем причина плохого развития деревьев в городе?

23. Начертить график темпа вымирания птиц на Земле. С 1700 по 1749 гг. исчезло 6 видов, с 1750 по 1799 гг. – 10 видов, с 1800 по 1849 гг. – 15 видов, с 1850 по 1899 гг. – 26 видов, с 1900 по 1949 гг. – 33 вида, с 1950 по 2000 гг. – 37 видов. Объяснить тенденцию исчезновения видов птиц за последние 300 лет. Какие последствия для человека и природы имеет вымирание птиц? Назвать основные причины вымирания птиц.

ЛИТЕРАТУРА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Бебия, С. М. Дифференциация деревьев в лесу, их классификация и определение жизненного состояния древостоев / С. М. Бебия // Лесоведение. – 2000. – № 4. – С. 35–43.

Вигоров, Л. И. Сад лечебных культур / Л. И. Вигоров. – Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1979. – 176 с.

Виноградова, Е. Б. Комары комплекса *Culex pipiens* в России / Е. Б. Виноградова / Тр. Зоол. ин-та РАН. – СПб., 1997. – Т. 271. – 307 с.

Гиляров, М. С. Радиоэкологические исследования в почвенной зоологии / М. С. Гиляров, Д. А. Криволицкий // Зоол. журн. – 1971. – Т. 50. Вып. 3. – С. 239–342.

Карта растительности Урала / П. Л. Горчаковский, Н. Н. Никонова, Т. В. Фамелис, М. И. Шарафутдинов // Атлас Свердловской области. – Екатеринбург, 1997. – С. 16–17.

Качалов, А. А. Деревья и кустарники / А. А. Качалов. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 408 с.

Колесников, Б. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области / Б. П. Колесников, Р. С. Зубарева, Е. П. Смолоногов. – Свердловск, 1973. – 176 с.

Количественные методы в почвенной зоологии / Ю. Б. Бызова, М. С. Гиляров, В. Дунгер и др. – М.: Наука, 1987. – 288 с.

Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги / А. М. Степанов, Р. Р. Кабиров, Т. В. Черненкова, О. Ф. Садыков, Г. М. Ханисламова, Л. С. Некрасова, О. Б. Бутусов, Л. А. Бальцевич. – М.: ЦЕПЛ, 1992. – 246 с.

Коновалов, Н. А. Деревья и кустарники для озеленения городов Урала / Н. А. Коновалов, Н. А. Луганский. – Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1967. – 190 с.

Мамаев, С. А. Деревья и кустарники: определитель / С. А. Мамаев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 206 с.

Мамаев, С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С. А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 284 с.

Миркин, Б. М. Наука о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – Уфа: Гилем, 1998. – 413 с.

Некрасова, Л. С. Влияние медеплавильного производства на почвенную мезофауну / Л. С. Некрасова // Экология. – 1993. – № 5. – С. 83–85.

Некрасова, Л. С. Экологические аспекты плотностнозависимых реакций кровососущих комаров: дис. ... д-ра биол. наук / Некрасова Л. С. – Екатеринбург, 1997. – 451 с.

Некрасова, Л. С. Общая экология: методические указания к практическим занятиям и семинарам для студентов очной формы обучения,

специальности 020802 «Природопользование», 250100 «Лесное дело», 250201 «Лесное хозяйство», 250203 «Садово-парковое и ландшафтное строительство», 250401 «Лесоинженерное дело», 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» / Л. С. Некрасова, Ю. Л. Вигоров. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – 66 с.

Некрасова, Л. С. Экологическое разнообразие кровососущих комаров Урала / Л. С. Некрасова, Ю. Л. Вигоров, А. Ю. Вигоров. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 208 с.

Некрасова, Л. С. Экология. Методические указания для аудиторных и самостоятельных занятий при подготовке к экзамену для студентов очной формы обучения / Л. С. Некрасова, А. Ю. Вигоров, А. Ф. Яппарова. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. – 54 с.

Николаевский, В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1979. – 280 с.

Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – В 2 т. – Т. 1. – 328 с.; Т. 2. – 399 с.

Оценка экологического состояния и рекреационной емкости экосистемы озера Песчаное / В. Д. Богданов, Е. Н. Богданова, О. А. Госькова, Л. М. Морозова, Л. С. Некрасова, Л. Н. Степанов, М. И. Ярушина. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 143 с.

Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 192 с.

Петунин, О. В. Сборник заданий и упражнений по общей экологии: учеб. пособие для преподавателей и студентов высших учебных заведений / О. В. Петунин. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 188 с.

Прищеп, Н. И. Экология. Практикум / Н. И. Прищеп. – М.: Аспект Пресс, 2007. – 272 с.

Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Вышэйшая школа, 1967. – 327 с.

Сибатаев, А. К. Филогения и таксономический статус близкородственных видов кровососущих комаров *p. p. Anopheles* Meigen и *Culex* Linnaeus фауны России и сопредельных территорий: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Сибатаев А. К. – Томск, 2007. – 44 с.

Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студентов / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.

Чернова, Н. М. Лабораторный практикум по экологии / Н. М. Чернова. – М.: Просвещение, 1986. – 96 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Занятие 1. Экскурсия в лесопарк имени Лесоводов России	3
Занятие 2. Морфологическая изменчивость хвои из двух популяций сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	7
Занятие 3. Внутривидовые и межвидовые конкурентные отношения животных	10
Занятие 4. Межтаксонная изменчивость и корреляции экологических и биологических параметров деревьев и кустарников Урала	14
Занятие 5. Разнообразие и сходство растительных сообществ Свердловской области	22
Занятие 6. Выявление связи экологических и биологических признаков древесных растений Среднего Урала и их газоустойчивости	26
Занятие 7. Почвенные беспозвоночные животные – индикаторы рекреационной нагрузки на берегу озера Песчаное	30
Занятие 8. Морфологическая изменчивость кровососущего комара-пискуна (<i>Culex pipiens</i> L.) из разных популяций г. Екатеринбурга	34
Занятие 9. Решение экологических задач	37
Литература к практическим занятиям	42